

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

2016

Joni Lakari

# TUOTTEEN MIG-HITSAUKSEN KEHITTÄMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotekehitys

2016 | 32 + 7

Sakari Koivunen

Joni Lakari

## TUOTTEEN MIG-HITSAUKSEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyössä haettiin ratkaisua tuotteen hitsausprosessin tehostamiseen. Hitsaus pitäisi pystyä suorittamaan nopeammin, paremmalla ja tasaisemmalla laadulla ja samalla mahdollistaa tuotteen hitsaus hitsaustaidoista riippumatta.

Työssä kuvailtiin yrityksen tuotannon nykytilanne. Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja esiteltiin automaatioasteen perusteella ja arvioitiin niistä yritykselle sopivin vaihtoehto. Tämän valinnan perusteella suunniteltiin, luotiin ja testattiin prototyyppi.

Yritykselle sopivin ratkaisu oli siirtyä hitaasti enemmän automatisoitumpaan tuotantoon. Tutkimuksissa ilmeni, että laitteistolla saadaan hitsausaikaa vähennettyä merkittävästi. Testauksen tulosten perusteella laitteistoa on helppo käyttää ilman erityisiä hitsaustaitoja, sekä tuotteen laatu parani. Yritys voi halutessaan valita ottaako prototyypin tarkempaan tarkasteluun ja kehittää sitä lisää automaation kannalta.

### ASIASANAT:

Hitsaus, automatisointi, tuotekehitys

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Product Development

2016 | 32 + 7

Sakari Koivunen

Joni Lakari

## IMPROVING MIG WELDING OF THE PRODUCT

The objective of this thesis was to find a solution to increase the performance of the MIG welding process of the product. The welding process should be performed faster, with better and more standard quality and also to enable the process easier to success without expert welding skills.

First the present state of welding in the company is presented. Next different solutions based on the automation rate were introduced and the best solution for this company was chosen. Based on this solution, the prototype was designed, created and tested.

The most suitable solution for the company was to devolve slowly towards to more automatic production. Research results indicated that the prototype was fairly easy to use, even without expert welding skills, and also the quality of the product advanced. After testing, the company can decide whether they will examine the prototype, improve the machinery even more detail or reject the plan.

### KEYWORDS:

Welding, Automation, Product development

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 MIG/MAG-HITSAUS</b>	<b>8</b>
2.1 Menetelmän valinta	8
2.2 Periaate	9
2.3 Käyttö, edut ja haitat	10
2.4 Suojakaasut	10
2.5 Parametrien valinta	12
2.6 Kaarityypit	12
<b>3 TUOTANTOAUTOMAATIO</b>	<b>15</b>
3.1 Määritelmä	15
3.2 Hyödyt	16
3.3 Haitat	17
3.4 Tulevaisuus	18
<b>4 TUOTANNON NYKYTILANNE</b>	<b>19</b>
<b>5 RATKAISUVAIHTOEHDOT</b>	<b>21</b>
5.1 Täysin automaattinen	21
5.2 Valvottu automatisoitujärjestelmä	22
5.3 Manuaalinen työ, automatisoituja työvälineitä käyttäen	22
<b>6 PROTOTYYPPI</b>	<b>23</b>
6.1 Suunnittelu ja mallinnus	23
6.1.1 Jigi ketjulle	24
6.1.2 Hitsauspolttimen tuet	25
6.1.3 Liikkuva kehikko	26
6.1.4 Liipasinlevy	27
6.2 Testaus ja kehitys	28
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>29</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Ketjun jigin piirustus
- Liite 2. Hitsauspillin etutuen piirustus
- Liite 3. Hitsauspillin takatuen piirustus
- Liite 4. Kehikon pystukien piirustus
- Liite 5. Kehikon vaakatuon piirustus
- Liite 6. Hitsauspolttimen kiinnittimien piirustukset
- Liite 7. Liipasinlevyn piirustus

## KUVAT

Kuva 1. MIG/MAG-hitsauksen periaate	9
Kuva 2. Kaarityyppien alueet virta-jännitekentässä	13
Kuva 3. Konepaja-automaatio jako	15
Kuva 4. Viemärikaavin	19
Kuva 5. Jigi pitämään ketju ja holkki halutussa asennossa	24
Kuva 6. Hitsauspilli ja tuet	25
Kuva 7. Kehikko ja hitsauspillin kiinnitin	26
Kuva 8. Liipasin levy	27

## TAULUKOT

Taulukko 1. Peruskaasujen ominaisuuksia	11
---	----

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

MIG	Metal-arc Inert Gas, metallikaari inerttinen kaasu
MAG	Metal-arc Activ Gas, metallikaari aktiivinen kaasu
kpl	Kappalemäärän lyhenne
s	Sekunnin tunnus
Ar	Alkuaine argonin kemiallinen merkki
He	Alkuaine heliumin kemiallinen merkki
CO <sub>2</sub>	Kemiallisen yhdisteen hiilidioksidin molekyylikaava
O <sub>2</sub>	Alkuaine hapen molekyylikaava
N <sub>2</sub>	Alkuaine typen molekyylikaava
H <sub>2</sub>	Alkuaine vedyn molekyylikaava
Inertti	Reagoimaton aine, usein kaasu
mm	Millimetrin tunnus
FMS	Flexible Manufacturing System (joustava valmistusjärjestelmä)
FMU	Flexible Manufacturing Unit (joustava valmistusyksikkö)
FTL	Flexible Transfer Line (joustava transferlinja)
r	Kierroksen lyhenne
min	Minuutin lyhenne

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Turussa toimivalle yritykselle, josta käytetään raportissa vain nimeä Yritys. Yritys valmistaa ja myy erilaisia viemärikaavimia sekä niihin liittyviä lisätarvikkeita.

Projektin tavoitteena on hitsausprosessin tehostaminen. Prosessia automatisoidaan tutkimalla tuotteen valmistusta ja valmistettavuutta. Kellottamalla työvaiheeseen käytettyä aikaa ja tarkastelemalla työmenetelmiä hahmotetaan prosessin ongelmakohtia. Tutkimusten perusteella suunnitellaan ja rakennetaan prototyyppi, jolla hitsausaika saadaan pienemmäksi ja laatu tasaisemmaksi. Automatisoitu prosessi mahdollistaa sen että, myös kokemattomampi hitsaaja voi hitsata tuotteen, jolloin tehokkuus kasvaa.

Raportin alussa käsitellään MIG-hitsausprosessia, jota käytetään tuotteen valmistuksessa, jotta saadaan kuva siitä, mitä MIG-hitsaus on ja miksi siihen on päädytty. Tuotantoautomaatiosta ja konepajaautomaatiosta kerrotaan yleisesti mitä ne vaativat ja mitkä ovat niiden hyödyt ja haitat.

Seuraavaksi kuvataan yrityksen tuotannon nykytilannetta sekä esitellään ja arvioidaan erilaisia vaihtoehtoja sen tehostamiseksi. Näistä vaihtoehtoista valitaan sopivin ja esitellään suunniteltu konsepti. Suunniteltu konsepti rakennetaan ja prototyyppi testataan sekä lopuksi tehdään yhteenveto projektista, jossa arvioidaan lopputuloksia ja mahdollisia jatkokehityskohteita.

## 2 MIG/MAG-HITSAUS

### 2.1 Menetelmän valinta

TIG-hitsaus voisi olla varteenotettava menetelmä tuotteen hitsaukseen. Sen hyvinä ominaisuuksina ovat hyvä tunkeuman ja sulan hallinta sekä puhdas korkealaatuinen hitsi. TIG-hitsausta käytetään vaativien putkistojen hitsauksessa, ruostumattomien teräksien hitsauksessa, alumiinin hitsauksessa, erikoismetallien hitsauksessa sekä pienissä korjaushitsauksissa. Yleisesti menetelmä on käsinhitsausta, mutta se on myös helposti mekanisoitavissa. TIG-hitsaus on hieman vaativampaa kuin MIG/MAG-hitsaus, johtuen lisääainelangan syöttämisestä käsin. Alun perin juuri tästä syystä Yrityksessä ei päädytty TIG-hitsaukseen, jotta vapaalla kädellä saatiin pidettyä hitsattavia kappaleita oikeilla paikoilla. (Lepola & Makkonen 2005, 159-160; ESAB 2016.)

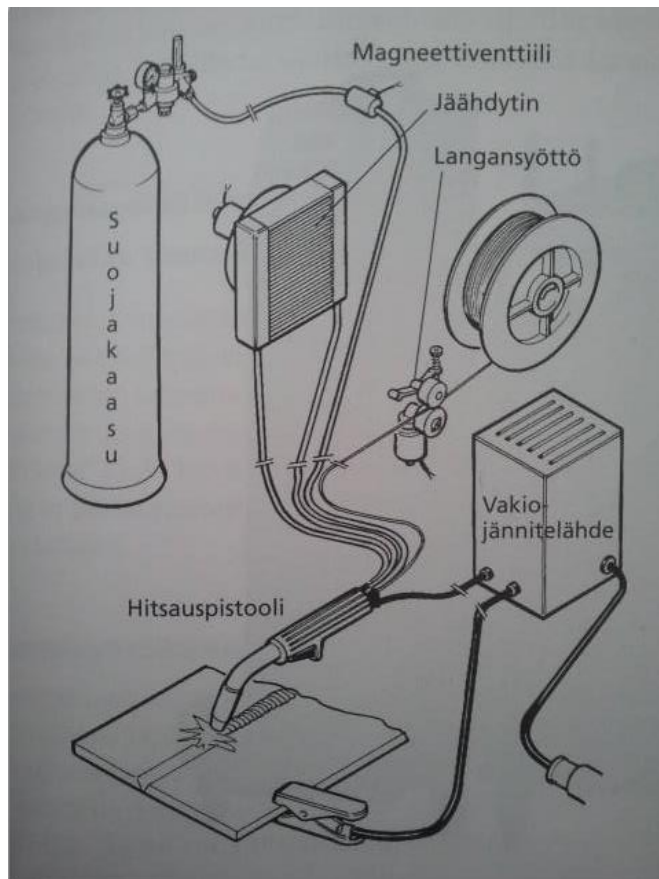
Plasmahitsaukseen ei ole päädytty, koska suurimmat hyödyt menetelmästä saadaan hitsaamalla paksumpia useimmiten ruostumattomia levyjä yhteen mekanisoidusti avaimenreikätekniikalla. Tekniikassa poltinta kuljettamalla reiän etureunassa oleva sula materiaali kulkeutuu reiän taakse ja jähmettyy muodostaen hitsausnauman levyn väliin. Pienellä hitsausvirralla voidaan toki hitsata myös pienempiä kohteita. Sulattava plasmahitsaus muistuttaa TIG-hitsaus. (ESAB 2016, Oy AGA Ab 2016.)

Yritys päätyi MIG/MAG-hitsaukseen alun perin sen helppouden takia. Tuotteita hitsaavalla hitsaajalla oli paljon kokemusta MIG/MAG-hitsauksesta ja menetelmä sopi hyvin kyseisiin tuotteisiin. Myös hitsauksessa vapaana olevalla kädellä oli suuri merkitys kappaleiden paikallaan pitämisessä. Myöhemmin suunnitelluilla jigeillä saatiin pidettyä kappaleet oikeissa kulmissa ja kohdissa, mutta hitsausmenetelmää ei enää alettu vaihtamaan. Jos yritys kasvaa sekä lisää tuotantoa tulevaisuudessa, voidaan hitsausmenetelmiä tarkastella uudelleen automatisoidun tuotannon kannalta.



## 2.2 Periaate

MIG/MAG-hitsauksessa syötetään lisäaineena toimivaa lankaa automaattisesti tietyllä nopeudella hitsauspistoolin lävitse (kuva 1). Palava valokaari lisäänelangan ja hitsattavan perusaineen välissä sulattaa lisä- ja perusaineen. Prosessi suojataan suojakaasulla, joka johdetaan hitsauspistoolin kaasusuuttimeen virtaussäätimen ja magneettiventtiilin avulla kaasupullosta. Hitsauspistoolin ja kontaktisuuttimen avulla syötetään hitsausvirta virtalähteestä lisäänelankaan. Verkkovirta muutetaan hitsaukseen sopivaksi virtalähteellä. Virtalähde ja hitsattava kappale yhdistetään sähköisesti maadoituskaapelilla. (Lepola & Makkonen 2005, 103; Oy AGA Ab 2014.)



Kuva 1. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Lepola & Makkonen 2005, 103).

### 2.3 Käyttö, edut ja haitat

MIG/MAG-hitsaus on yksi eniten käytetyimmistä hitsausmenetelmistä varsinkin teräksiä hitsattaessa. Prosessi on suhteellisen helppo mekanisoida ja robotisoida, sekä sillä saavutetaan hyvä tuottavuus. MIG/MAG-hitsaus ei muodosta kuonaa ja myös kuonasulkeumien vaara pieni. Yksi merkittävä etu muihin hitsausmenetelmiin on jatkuva lisäaineen syöttö, sillä lisäaine on myös edullista. Hitsauksen voi suorittaa kaikissa asennoissa. (Lepola & Makkonen 2005, 103; Oy AGA Ab 2014.)

MIG/MAG-hitsauksen haittana on rajoitettu luoksepäästävyys ja ulottuvuus hitsauskohteeseen, eikä se sovellu asennustyömaolosuhteisiin. Hitsausprosessi on myös arka vedolle ja tuulelle. Verrattuna puikkohitsaukseen hitsausarvojen säätö on hankalampaa ja laitteisto tarvitsee enemmän huoltoa, ja myös lisäainevalikoima on suppeampi. (Lepola & Makkonen 2005, 103; Oy AGA Ab 2014.)

### 2.4 Suojakaasut

Suojakaasun tehtävänä on suojata hitsisulaa, sulia lisäainepisaroita, lisäainelangan päätä ja elektrodia ilman hapelta ja typeltä. Valokaarelle luodaan suojakaasulla edellytykset palaa toivotulla tavalla. Suojakaasulla jäähdytetään hitsauspolttimen osia, johdetaan valokaaren lämpö hitsattavaan kappaleeseen sekä optimoidaa valittu hitsausprosessi. Yleisesti käytetyillä suojakaasuilla on hyvin erilaisia ominaisuuksia (taulukko 1). (Lepola & Makkonen 2005, 110; Oy AGA Ab 2014.)

Taulukko 1. Peruskaasujen ominaisuuksia (Lepola &amp; Makkonen 2005, 110).

Kaasu	Merkki	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Kiehumis- piste °C	Ominaisuus	Tunnusväri
Argon	Ar	1,784	- 185,9	Inertti	Tummanvihreä
Helium	He	0,178	- 268,9	Inertti	Ruskea
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	1,977	- 78,5	Hapettava	Harmaa
Happi	O <sub>2</sub>	1,429	- 183,0	Hapettava	Valkoinen
Typpi	N <sub>2</sub>	1,251	- 195,8	Reagoimaton	Musta
Vety	H <sub>2</sub>	0,090	- 252,8	Pelkistävä	Punainen

Hitsauksen suojakaasuilla vaikutetaan

- hitsausnopeuteen ja hitsauskoneen säädettävyyteen
- valokaaren vakauteen
- laatuun, kustannuksiin ja tuottavuuteen
- tunkeuman syvyyteen, muotoon ja hitsin pinnanmuotoon
- roiskeiden kokoon ja määrään
- puhtauteen, työturvallisuuteen ja hitsaussavuun
- hitsin lujuusominaisuuksiin (Lepola & Makkonen 2005, 110; Oy AGA Ab 2014).

## 2.5 Parametrien valinta

Langan syöttönopeutta lisäämällä hitsausvirta suurenee. Hitsausvirran suurentaminen luo kovemman ja lyhyemmän valokaaren. Suuremmalla hitsausvirralla on suurempi sulatusnopeus ja tunkeuma. Hitsikupu on myös korkeampi ja hitsin leveys kapeampi suurella hitsausvirralla hitsattaessa. Hitsausvirran pienentämisellä saadaan aikaan päinvastaisia vaikutuksia. (Oy AGA Ab 2014.)

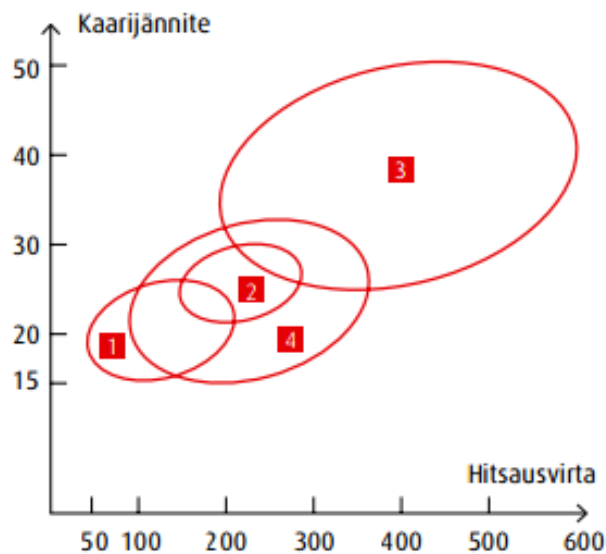
Kaarijännitteen suurentamisella saadaan valokaaresta pidempi ja pehmeämpi. Hitsistä tulee leveämpi, hitsi kuvusta matalampi sekä hitsisulasta juoksevampi mitä suuremmalla kaarijännitteellä hitsataan. Samoin kuin hitsausvirran säädössä myös kaarijännitteen pienentämisellä on myös päinvastainen vaikutus hitsaukseen. (Oy AGA Ab 2014.)

## 2.6 Kaarityypit

Laitteita säätämällä ja käyttämällä eri suojakaasuja on mahdollista hitsata erilaisilla kaaritapahtumilla: lyhytkaari, välikaari (sekakaari), kuumakaari ja pulssikaari (sykekaari) (kuva 2) (Oy AGA Ab 2014).

### Kaarialueet

1 Lyhytkaari 2 Välikaari 3 Kuumakaari 4 Pulssikaari (sykekaari)



Kuva 2. Kaarityyppien alueet virta-jännitekentässä (Oy AGA Ab 2014).

Lyhytkaarihitsauksessa lisäaine synnyttää oikosulun pisaran siirtyessä hitsiin. Tämä johtuu alhaisesta kaarijännitteestä, jonka teho ei ehdi sulattaa lisäainelankaan vaan lanka törmää perusaineeseen aiheuttaen oikosulun. Oikosulun syntyessä virta nousee, kun taas jännite pysyy lähes vakiona, mistä johtuen lisäaine sulaa nopeasti ja syttyy uusi valokaari. Oikosulkujen ja valokaaritapahtumien määrä vaihtelee noin 20–200 kpl/s, riippuen suojakaasusta ja kuristimesta. Lyhytkaarihitsauksessa lämmöntuonti on vähäinen, koska valokaari palaa vain hetkittäin. Vähäisen lämmöntuonnin ansiosta tämäntyyppinen hitsaus sopii ohutlevyjen hitsaamiseen, päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaukseen sekä asentohitsaukseen. (Oy AGA Ab 2014; Lepola & Makkonen 2005, 115.)

Välikaari tai toiselta nimeltään sekakaari sijaitsee virta-jännitekentässä (kuva 2) lyhytkaaren ja kuumakaaren välisellä alueella. Välikaarihitsauksessa lisäaine siirtyy suurina pisaroina osittain oikosulkujen avulla perusaineeseen. Tämän tyyppisessä hitsauksessa kaariaika on pitkä ja oikosulkuvaiheita muodostuu harvoin. Välikaarella hitsaamista tulisi välttää siinä syntyvien roiskeiden ja huuруjen vuoksi. (Oy AGA Ab 2014; Lepola & Makkonen 2005, 115.)

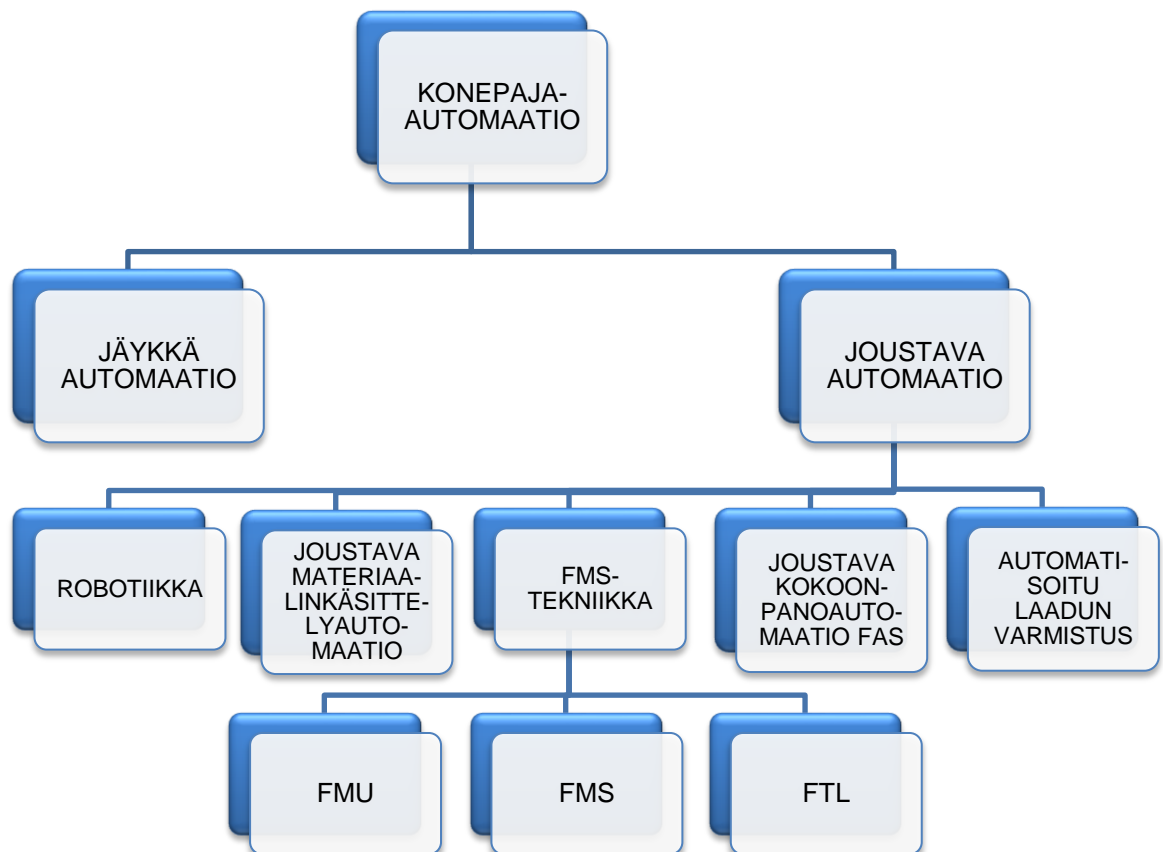
Kuumakaarella hitsattaessa ei synny oikosulkuvaiheita vaan valokaari palaa jatkuvasti johtuen suuresta kaaritehosta. Suurella kaariteholla lisäaine siirtyy pieninä pisaroina perusaineeseen. Pienet pisarat ja oikosuluton hitsaus vaativat Ar-seosteisen suojakaasun. Kuumakaarihitsaukselle ominaista ovat suuri hitsausnopeus, roiskeeton hitsi, tasainen ja juoheva hitsipalko, hyvä tunkeuma sekä tasainen ja vakaa valokaaritapahtuma. Kuumakaarella hitsattaessa syntyvän suuren hitsisulan vuoksi tämä tyyli ei sovellu asentohitsaukseen eikä päittäisliitosten pohjapalkojen hitsaamiseen. Sitä käytetään yleensä paksujen yli 3 mm:n paksuisten perusaineiden väli- ja pintapalkojen hitsaukseen jalkoasennossa sekä alapienahitsaukseen. (Oy AGA Ab 2014; Lepola & Makkonen 2005, 115-116.)

Pulssikaareissa tai sykekaareissa lisäainepisara irtoaa säännöllisesti virtapulssin avulla ilman oikosulkuja. Pulssittamalla hitsausvirtaa saadaan aikaan vakaa kaari ja pieni lämmöntuonti. Pulssikaarihitsauksella on monia etuja, kuten suuri hitsausnopeus verrattuna lyhytkaarihitsaukseen, pieni hitsausenergia verrattuna kuumakaarihitsaukseen, mahdollisuus hitsata kaikissa asennoissa sekä käyttää paksua lisäainelankaa, roiskeiden vähyys ja hitsin hyvä ulkonäkö. Pulssikaarella hitsattaessa on käytettävä inerttistä Ar-suojakaasua, He-kaasua tai Ar-valtaista seoskaasua. Yleisimmin tätä hitsaustyyppiä käytetään alumiinin ja kuparin MIG-hitsauksessa sekä paksujen terästen MAG-hitsauksessa. Ohuita ainepaksuuksia hitsattaessa pulssikaarihitsaus on paljon lyhytkaarihitsausta nopeampaa. (Oy AGA Ab 2014; Lepola & Makkonen 2005, 116.)

## 3 TUOTANTOAUTOMAATIO

### 3.1 Määritelmä

Tuotantoautomaatio tai myös konepaja-automaatio jaotellaan kuvan 3 mukaisesti jäykkään tai joustavaan automaatioon. Jäykässä automaatiossa valmistetaan samanlaista tuotetta pitkissä jaksoissa. Joustavassa automaatiossa vaihdellaan tuotetta. (Aaltonen ym. 1992, 31.)



Kuva 3. Konepaja-automaatio jako (Aaltonen & Torvinen 1997, 15).

Kokonaistoiminnan automatisointiasteesta puhuttaessa ilmoitetaan, kuinka suuri osa prosesseista on automatisoitu. Automatisointiasteet ovat

- täysin manuaalinen työ
- manuaalinen työ, jossa käytetään automatisoituja työvälineitä
- ihmisen valvoma ja käynnissä pitämä automatisoitu järjestelmä
- ihmisen valvoma miehittämätön automaattinen järjestelmä
- täysin automaattinen miehittämätön järjestelmä (Aaltonen ym. 1992, 31).

### 3.2 Hyödyt

Automaatiolla on saavutettu massatuotanto, jolla taataan halvemmat tuotteet säästämällä energiaa ja raaka-aineita. Automaatio on tämän päivän teknologiaa, jonka avulla nähdään sellaista, mitä ja mihin ihminen ei näe. Automaattisilla laitteilla pystytään kontrolloimaan ihmiselle liian pientä, suurta tai painavaa. Monet tekniset innovaatiot ovat mahdollisia automaation avulla. Yhteiskunnan palveluksessa automaatiolla on nostettu, ylläpidetty ja kehitetty ihmisten elintasoja. (Wahlström, 2004).

Yleisesti yritykset harkitsevat tuotantoautomaatiota keinona tehostaa tuotantoa sekä karsia tuotantokustannuksia. Automaatiolla pystytään vaikuttamaan tehokkaasti tuotannon laatuun, ympäristötekijöihin ja työtehtävien sisältöön.

Tuotantoautomaation käytöllä saavutettavia hyötyjä ovat

- tasaisuus tuotannon laadussa
- ammattitaitoisten henkilöiden puutteen korvaus tuotannon avaintehtävissä
- tuottavuuden parantuminen
- raskaiden, epämiellyttävien ja vaarallisten työtehtävien välttäminen
- kapasiteetin lisääminen



- yritys- ja tuoteimagon ylläpito ja parantaminen
- visuaalisempi tuotanto
- helpompi ohjattavuus (Aaltonen & Torvinen 1997, 10).

### 3.3 Haitat

Yleensä tuotantoautomaatio yhdistetään työttömyyden aiheuttajaksi, mutta oikein sovellettuna se on kuitenkin hyvä keino saada yrityksen tuotanto kannattavaksi ja kilpailukykyiseksi. Suomessa ja muissa teollisuusmaissa, joissa henkilökustannukset ovat korkeat, on automaatio välttämätöntä tuotannon ja työpaikkojen pysymiseksi näissä maissa. Automatisoinnilla on suuret välilliset vaikutukset kansantalouteen ja työllisyyteen. (Kippo & Tikka 2008, 8.)

Mitä pidemmälle automaatioaste on viety, sitä hankalampaa ja kalliimpaa järjestelmän huoltaminen on. Automaatio on häiriöaltista usein ympäristön epävakaisuudesta: osa tulee syöttimestä huonossa asennossa, liikkuvat osat jumittuvat tai kuluvat tai työstettävien osien laatu vaihtelee. Oheislaitteet ja ohjelmat sopeutuvat huonosti muutoksiin, joten tuotteisiin jälkeenpäin tehtävät muutokset saattavat aiheuttaa ongelmia käsittelyssä. Tarkkuuden, nopeuden ja kuormituksen kasvaessa laitteiston hinta nousee. Tuotannon automatisointi voi olla pienelle yritykselle kallis investointi, joten osittainen ja asteittain kehitettävä automatisointi ovat hyviä ratkaisuja. (Aaltonen & Torvinen 1997, 11; Aaltonen ym. 1992, 29,101.)

### 3.4 Tulevaisuus

Tuotantoautomaatio on ennen kaikkea haaste. Sen soveltaminen erilaisiin yrityksiin vaatii yrityksen henkilöstöltä laajaa tietotaitoa ja syvällistä erikoisosaamista. Tuotantoautomaation soveltamisessa vaaditaan tietoa ja taitoa koneenrakennuksesta, valmistusmenetelmistä, elektroniikasta, säätötekniikasta, tietotekniikasta sekä projekti- että ryhmätyöskentelystä. (Aaltonen ym. 1992, 241.)

Robottiikka on kehittynyt viime vuosikymmeninä valtavasti. Robottien käyttövarmuus ja luotettavuus on hyvällä tasolla. Robotit pystyvät hoitamaan helposti yksinkertaiset tehtävät, joiden liikkeet tai työasennot voisivat olla ihmisille kuluttavia ja hankalia. Jatkuvan kehitystyön kohtaana oleva ihmisen ja robotin välinen yhteistyö, jossa hyödynnetään ihmisen juoustavuutta ja robotin tarkkuutta ja voimaa, on yksi alan tärkeimpiä kohteita. Tällä hetkellä suurinosa roboteista toimii aidoin erotettuna törmäys- ja puristamisvaaran takia. Turvatekniikan, anturien ja sovelluksien kehittyessä ihmisen ja robotin yhteistyö lähenee. (VTT 2014.)

Robottiikka ei sovellu kaikkien teollisten yritysten käyttöön mutta voi olla varteenotettava vaihtoehto yksikkökustannuksien laskemiselle, laadun parantamiselle ja tuottavuuden nostamiseen. Robottiikka tulee kasvamaan yrityksissä Suomessakin entisestään, kun robotit ja niiden ohjelmistot halpenevat ja kehittyvät entisestään. (VTT 2014.)

Useista vaatimuksista ja kustannuksista huolimatta tuotantoautomaation sovellukset ovat lähes aina kannattavia investointeja, joilla yritys voi parantaa kilpailukykyään kiristyvillä markkinoilla. Pysyminen vanhassa ja tutussa tuotantoteknologiassa voi vaikuttaa varmalta ja houkuttelevalta vaihtoehdolta, mutta ulkomaisten yritysten synnyttämät paineet suuremmasta kustannustehokkuudesta pakottaa kotimaiset yritykset tehostamaan tuotantoaan. (Aaltonen ym. 1992, 241-242.)

## 4 TUOTANNON NYKYTILANNE

Yritys toimii tällä hetkellä pienissä tiloissa Turussa ja työllistää alle 10 henkilöä. Yrityksen suunnitelmissa on tulevaisuudessa muuttaa suurempiin tiloihin ja kasvattaa henkilöstömäärää, koska tuotteilla on ollut hyvä kysyntä. Tuotantomäärät eivät ole aina pysyneet kasvavien kysyntämääriä mukana, joten tuotannon tehostaminen on tullut aiheelliseksi.

Yritys valmistaa viemärikaavimia ja kyseisessä projektissa keskityttiin kuvan 4 mukaiseen malliin, joka on tarkoitettu halkaisijaltaan 50 mm putkiin. Tarvittaessa kaavinta pystytään säätämään myös pienemmäksi, jolloin se käy halkaisijaltaan pienempiin putkiin. Pyörittämällä kaavinta 1500–2000 r/min se puhdistaa putkesta rasvan, lian, kalkin ja ruosteen. Tuote on Yrityksen myydyimpiä malleja, ja sitä valmistetaan tuhansia kappaleita vuodessa.



Kuva 4. Viemärikaavin (Yrityksen kotisivut 2015).

Yritys valmistaa myös 70 mm, 100 mm, 150 mm ja 200 mm läpimittaisiin putkiin tarkoitettuja ketjuja. Tuotteet ovat saman mallisia kuin viemärikaavin (ks. kuva 4). Tuotteisiin kuuluu myös ympyrän muotoon aseteltuja kaavimia, jotka sopivat vaativampaan ja tarkempaan työhön.

Ketjuissa olevan metalliset hampaat juotetaan ketjuun, mutta ketjujen päät hitsataan kiinni holkkeihin. Juuri tämä ketjun lenkin ja holkin välisen hitsausprosessin tehostaminen oli projektin tavoitteena.

Ongelmallista on saada ketjun ensimmäinen lenkki hitsattua oikeen kulmaan ja kolmen ketjun välien pitäminen tasaisena. Hitsistä pitää saada myös kestävä, jottei kaavin rikkoudu pyöritettäessä. Tällä hetkellä tuotanto suoritetaan täysin manuaalisesti, muutamia jigejä apuna käyttäen. Yhden kappaleen asetteluun, hitsaukseen ja poistoon kuluu aikaa noin 120 sekuntia.

## 5 RATKAISUVAIHTOEHDOT

### 5.1 Täysin automaattinen

Projektin tavoitteina oli vähentää manuaalista työtä, mahdollistaa tuotteen hitsaaminen vähemmän hitsausammattitaitoisille työntekijöille, nopeuttaa tuotantoa sekä saada tuotteen hitsauslaatu tasaiseksi. Seuraavissa kappaleissa on esitetty erilaisia vaihtoehtoja toteuttaa tavoite.

Täysin automaattinen miehittämätön järjestelmä olisi automatisoinnin ihanne tavoite. Siinä laitteisto hakisi kappaleet, asettaisi ne kohdilleen, hoitaisi hitsauksen, suorittaisi tuotteen poiston sekä uusisi prosessin itsenäisesti. Tällainen järjestelmä ei kiinnittäisi työntekijää hitsausprosessiin.

Jotta tuotteiden laatu pystytään varmistamaan pitää tuotannosta ottaa näyte-eriä testaukseen, ominaisuuksien mittaukseen ja tarkasteluun tai tulee järjestelmän hoitaa laaduntarkkailu automaattisesti. Muussa tapauksessa järjestelmä voi tuottaa viallisia kappaleita suuren määrän. Myös osien toimittajan pitää pystyä takaamaan osiensa laatu, jotta ketju ja holkit ovat oikeissa mitoissa ja hyvänlaatuisia.

Täysin automatisoidulla järjestelmällä on myös heikkouksia. Järjestelmän huolto voi olla hankalaa ja häiriötilanteissa ainoa apua voi olla asiantuntijan tietämys. Järjestelmän suunnittelu ja saaminen täysin toimivaksi vievät paljon aikaa. Huonona puolena pienelle yritykselle on, että tällaiselle järjestelmälle kertyy suuria suunnittelu-, valmistus-, osto- ja huoltokustannuksia.

## 5.2 Valvottu automatisoitujärjestelmä

Toisin kuin miehittämättömässä järjestelmässä ihmisen mukana olo järjestelmän käyttäjä ja valvojana voi usein olla parempi vaihtoehto. Ihminen pystyy prosessia seuraamalla kehittämään valmistusprosessia ja tuotetta tarvittaessa. Käyttäjä pystyy myös valvomaan tuotteiden laatua satunnaisilla koe-erillä. Odottamattomissa tilanteissa mahdollinen korjaus tai huolto on lähellä. Tässä kyseisessä projektissa tällainen järjestelmä on kuitenkin liian suuri harppaus täysin manuaalisesti tehdystä työstä valvottuun automaatiojärjestelmään.

## 5.3 Manuaalinen työ, automatisoituja työvälineitä käyttäen

Seuraava askel täysin manuaalisesta työstä automatisoituun on manuaalinen työ, jossa käytetään automatisoituja työvälineitä. Automatisoituja työvälineitä käyttämällä työ sujuu nopeammin ja vaivattomammin eikä vaadi erityistä osaamista prosessista. Automatisoidut työvälineet, koneet ja laitteet maksavat vain murto-osan täysin automatisoidusta järjestelmästä, mutta niillä saadaan nopeutettua tuotantoa sekä nostettua tuotteen laatua tasaisemmaksi.

Tällainen menetelmä sopii hyvin pienemmille yrityksille. Sitä on edullista ja helppoa muokata tuotteiden mukaan. Laitteisto käyttäjän on helppo seurata tuotteiden laatua ja laitteiden kulumista, suorittaa tarvittavaa huoltoa sekä kehittää prosessia tarvittaessa. Automatisoituja työvälineitä sisältävästä laitteistosta yritys voi halutessaan nostaa automaatioastetta korvaten manuaalisia työvaiheita koneilla.

## 6 PROTOTYYPPI

### 6.1 Suunnittelu ja mallinnus

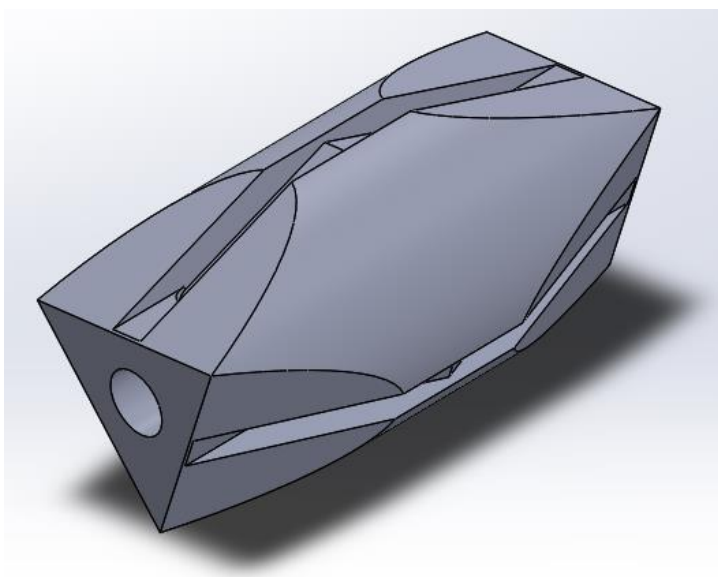
Yrityksen kanssa päädyttiin vaihtoehtoon, jossa pysytään manuaalisessa työssä käyttäen automatisoituja työvälineitä. Tähän päädyttiin, koska vaihtoehto oli suhteellisen nopea ja helppo toteuttaa sekä pystyimme käyttämään jo olemassa olevia osia ja laitteita hyväksi pienin muutoksin. Laitteen suunnittelussa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaiseen toteutukseen.

Yrityksen tiloissa pidetyissä palaverissa pohdittiin ja luonnosteltiin osia paperille. Palaverissa oli mukana Yrityksen yhdyshenkilö sekä tuotteita hitsaava hitsari. Yritykseltä löytyi vanhoja jigejä ja koneen osia joita on joskus käytetty tai kokeiltu tuotteen yhteydessä. Näitä osia tarkasteltiin ja muokattiin sopiviksi nykyiselle tuotteelle. Luonnoksista mallinnettiin osat oikeisiin mittoihin myöhemmin mallinsohjelmilla.

Mallinnuksessa käytettiin SolidWorks- ja AutoCAD-ohjelmia. Osista tehtiin 3D-mallit SolidWorksillä. Näistä malleista tehtiin samalla ohjelmalla piirustukset. Koska yrityksellä ei ollut käytettävissä SolidWorks-ohjelmaa, muutettiin Solidworks-piirustukset tiedostomuotoon DXF. Tässä muodossa olevat tiedostot saatiin auki yrityksessä käytössä olevalla AutoCAD-ohjelmalla. DXF-muotoiset tiedostot lähetettiin myös laserleikkaamolle osien piirustuksina.

### 6.1.1 Jigi ketjulle

Tuotteen hitsauksessa jo ennestään käytettyä jigiä, johon ketju ja holkki asetetaan, päätettiin käyttää myös uudessa laitteessa. Jigissä olevat urat, joihin ketjun lenkit uppoavat, pitävät ketjut halutuissa kohdissa. Jigin päissä olevat hieman alle 20 asteen viistot pitävät ketjun viimeisen lenkin sopivassa kulmassa holkkiin nähden. Jigin muotoja muutettiin hieman yksinkertaisemmiksi sekä pituutta muutettiin sopivammaksi kyseiselle tuotteelle (kuva 5). Laitteen pyörivä akseli kulkee pituussuunnassa jigin läpi pyörittäen sitä. Jigi on valmistettu alumiinista.

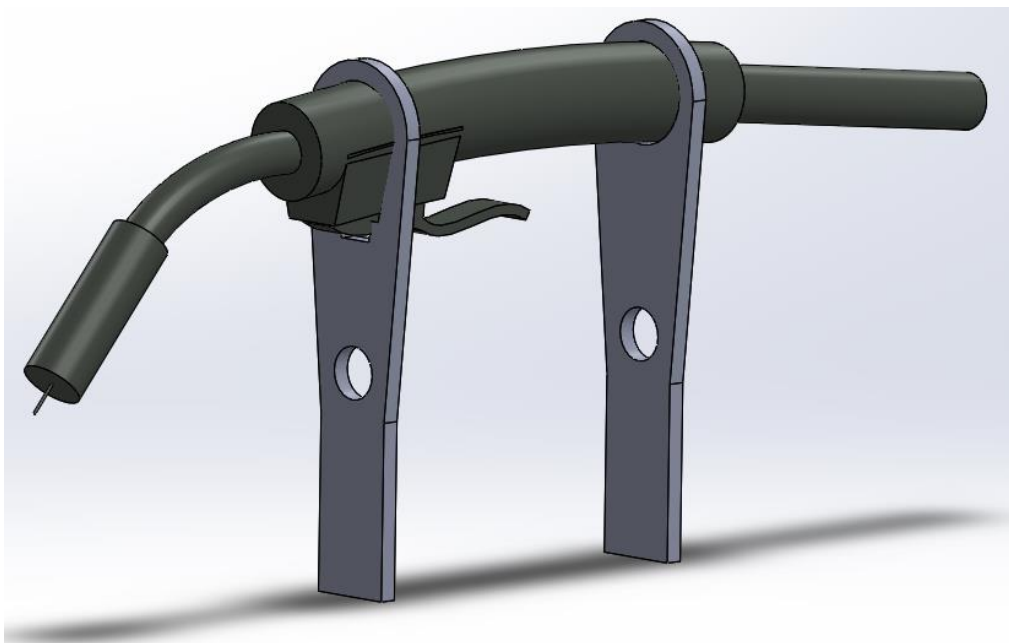


Kuva 5. Jigi pitämään ketju ja holkki halutussa asennossa.



### 6.1.2 Hitsauspolttimen tuet

Jotta hitsaus osuisi aina samaan kohtaan ja olisi samanlaatuinen joka kerta, pitää hitsauspolttimen pysyä aina samassa paikassa ja asennossa. Hitsauspolttimesta otettiin mittoja kahdesta eri kohdasta, liipasimen edestä ja polttimen takaosasta. Näillä mitoilla luotiin tuet hitsauspolttimelle (kuva 6). Tukien alaosassa on läpivienti akselille. Hitsauspoltin kiinnitetään tuissa olevilla ruuveilla kolmesta suunnasta, jolloin on käytettävissä pientä säätövaraa. Tuet päätettiin valmistaa 5 mm:n paksuisesta levystä. Piirustukset lähetettiin laserleikkaamoon.

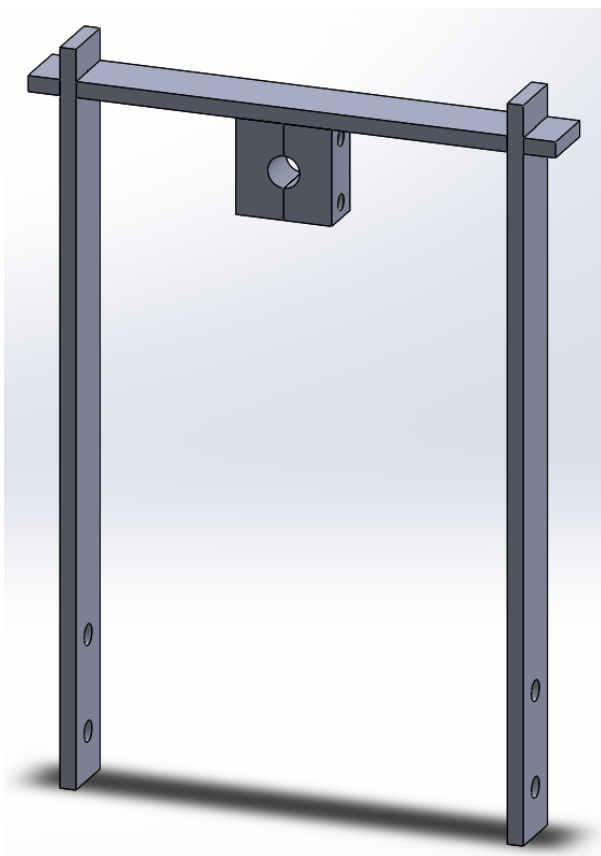


Kuva 6. Hitsauspoltin ja tuet.

### 6.1.3 Liikkuva kehikko

Suunnittelu vaiheessa kävi ilmi, että pakettia, jossa on hitsauspoltin, sen tuet ja liipasinlevy, pitää siirtää, jotta hitsattava tuote saadaan asennettua paikalleen ja otettua pois hitsauksen jälkeen. Hitsauspoltin ja siihen liittyvät osat päätettiin kiinnittää kehikkoon (kuva 7), joka on taas kiinnitetty johteilla kulkevaan yksikköön. Näin ollen hitsauspoltin saadaan tuotua ja vedettyä pois hitsattavan tuotteen luota.

Kehikko on valmistettu laserleikkaamalla samasta 5 mm paksuisesta levystä kuin hitsauspolttimen tuet. Osissa on lovet paikalleen osumista ja kiinnityshitsausta helpottamaan. Pystytuissa on myös reiät kiinnitystä johteilla kulkevaa yksikköä varten. Hitsauspoltin on kiinnitetty kehikkoon muutamalla sitä varten suunnitellulla osalla. Hitsauspolttimen kaulassa on pieni matka suoraa osaa, josta kiinnitys tapahtuu.

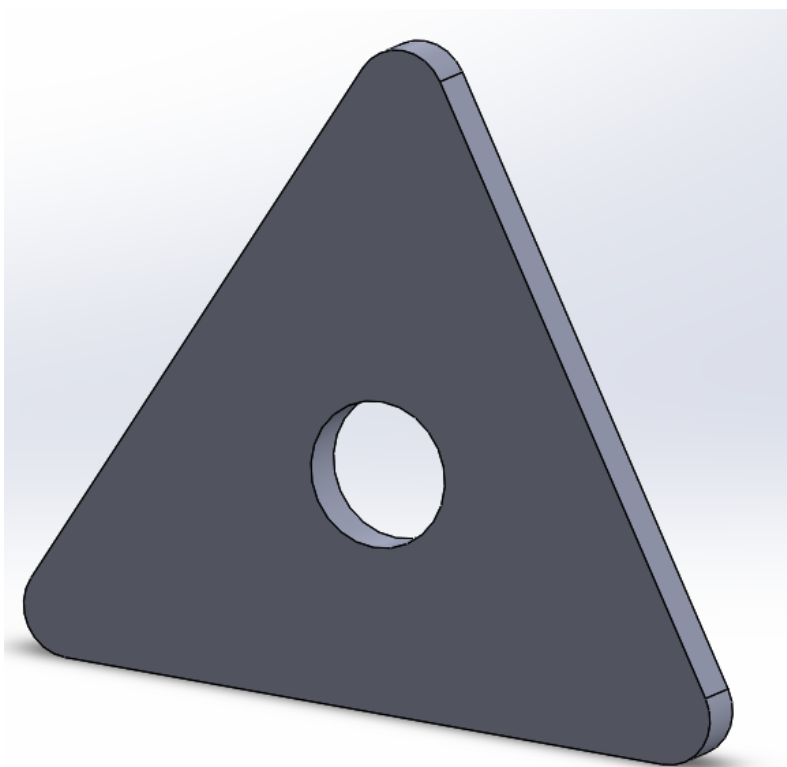


Kuva 7. Kehikko ja hitsauspolttimen kiinnitin.

Johteilla liikkuva yksikkö löytyi Yrityksen varastosta miltein valmiina pakettina. Yksikön kylkeen porattiin kehikon kiinnitystä varten muutama reikä, jotka kierteytettiin. Yksikön liike on mahdollista saada suoritetuksi paineilmalla, mutta tällä hetkellä sitä testattiin vain manuaalisesti liikuttamalla.

#### 6.1.4 Liipasinlevy

Hitsauspolttimen liipasinta painaa liipasinlevy (kuva 8), joka pyörii akselin mukana. Liipasinlevy on muotoiltu siten, että kolmion muotoisen levyn kärjet painavat liipasimen pohjaan, jolloin hitsaus alkaa ja kolmion sivun kohdalla liipasin vapautuu. Levy ja sen pyöriminen on asennettu niin, että hitsaus tapahtuu oikeassa kohdassa ja sekä moottorin nopeus että hitsausparametrit vastaavat hyvää hitsausseuraa.



Kuva 8. Liipasinlevy.

## 6.2 Testaus ja kehitys

Prototyypin testaus jäi Yrityksen itsensä suoritettavaksi erinäisten aikatauluongelmien, sairasteluiden ja laserleikkaamon tuotanto-ongelmien vuoksi. Karkeasti arvioituna, sopivilla hitsausarvoilla ja vastaavalla kappaleen pyörimisnopeudella, päädyttiin arviointiin että, laitteisto puolittaisi nykyisen hitsausprosessiin kuluvan ajan. Kehittämällä laitetta pidemmällä hitsaukseen kuluvaan aikaan pystyttäisiin varmasti vähentämään entisestään.

Laitetta on mahdollista käyttää vaikkei olisi suurempaa tietämystä hitsauksesta. Oikeilla asetuksilla laite hitsaa joka kerta samanlaista saumaa, joten laadun pitäisi pysyä vakiona kunhan laitetta muistetaan huoltaan.

Osat asetetaan paikoilleen käsin, ja prosessi käynnistyy jalkapoljinta painamalla. Ensimmäisen hitsauksen jälkeen tuote pitää kääntää laitteessa, jotta toinen pääty saadaan hitsatuksi. Jos laitetta päätetään kehittää lisää, hyvä kehityskohde olisi molempien päätyjen saaminen hitsatuksi kääntämättä tuotetta laitteessa käsin. Jonkinlainen pyörivä pöytä voisi olla mahdollinen vaihtoehto. Ensimmäisen hitsauksen jälkeen hitsausyksikkö liikkuisi taaksepäin ja pöytä pyörähtäisi 180 astetta, jonka jälkeen hitsausyksikkö liikkuisi taas eteenpäin ja suorittaisi hitsauksen.

Laitteen perusidean saa varmasti toimimaan pienin muutoksin myös pidemmillä ketjuilla varustetuissa tuotteissa. Tuotannon tehostamiseksi toimiviksi suunniteltu laitteita kannattaa olla useampia kuin yksi kappale, jos kyseistä tuotetta tilataan paljon ja laitteet eivät ole liian kalliita valmistaa.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteet hitsauksen tehostaminen, hitsausajan lyhentäminen, tasalaatuisen hitsausauman saaminen täyttyivät. Laitteistoa pystyy myös käyttämään käyttäjä, jolla ei ole hitsauksesta suurta kokemusta. Vaikka laitteiston testaus jäikin suorittamatta, voidaan sen suorituskkyä arvioida ja tarkastella kehityskohteita.

Teoreettinen osuus opinnäytetyöstä käsitteli MIG-hitsausta ja tuotantoautomaatiota yleisesti. MIG-hitsaus-osio antoi hyvän käsityksen hitsausprosessista, sen hyödyistä ja haitoista, tarvittavista laitteista, erityyillisistä kaarityypeistä ja suojakaasuista sekä parametrien valinnasta. Tuotantoautomaatiossa kuvailtiin konepaja-automaation jako, hyödyt ja haitat sekä automaation tulevaisuutta. Aihealuetta esiteltiin vain yleisesti, koska pelkästään tuotanto- ja järjestelmäautomaatiosta olisi voinut kirjoittaa useamman opinnäytetyön. Työssä ei käyty esimerkiksi läpi järjestelmien ohjausta tai FMS-tekniikkaa. Nämä aiheet eivät olisi tukeneet opinnäytetyötä, eivätkä olisi palvelleet kyseistä yritystä.

Ennen varsinaista suunnittelutyötä, analysoitiin yrityksen nykytilannetta sekä päätettiin, minkä tasoista laitteistoa lähdetäisiin suunnittelemaan. Laitteisto päätettiin pitää hyvin yksinkertaisena.

Prototyypivaiheessa käytettiin apuna jo olemassa olevien laitteiden osia. 3D-mallit kappaleista luotiin SolidWorks-ohjelmalla, ja piirustukset siirrettiin AutoCAD-ohjelman kautta laserleikkaamolle, joka valmisti levymateriaalista luodut kappaleet. Laitteiston testaus jäi yrityksen suorittavaksi aikataulun loppumisen vuoksi, johon vaikutti esimerkiksi laserleikkaamon tuotanto-ongelmat. Testin jälkeen yritys voi päättää laitteiston kehittämisen jatkamisesta.

Opinnäytetyön teko sujui pääosin hyvin muutamia keskeytyksiä ja toimitusongelmia lukuun ottamatta. MIG-hitsauksesta ja tuotantoautomaatiosta löytyi paljon tietoa kirjoista ja internetistä. Aiheet olivat jo enemmän tai vähemmän tuttuja, mutta työ laajensi tietämystä. 3D-mallien ja piirustusten luonti onnistui helposti SolidWorks:llä ja AutoCAD:llä, koska molemmista ohjelmista on runsaasti kokemusta koulusta. Kokonaiskuvana projekti oli mielenkiintoinen ja opettavainen, koska siinä pääsi käyttämään jo oppituja taitoja ja opettelemaan myös uutta.

## LÄHTEET

Ab AGA Oy 2014. Kaasualan yhtiö. Viitattu 13.9.2015. [www.aga.fi](http://www.aga.fi)> ratkaisut> hitsaus> MIG/MAG-hitsaus> käytönnön ohjeita MIG/MAG-hitsaukseen.

Ab AGA Oy 2016. Kaasualan yhtiö. Viitattu 1.2.2016. [www.aga.fi](http://www.aga.fi)> ratkaisut> hitsaus> plasmahitsaus.

Aaltonen, K.; Airila M.; Andersin H.; Ekman K.; Kauppinen V.; Liukko T.; Pohjala P. 1992. Tuotantoautomaatio. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.

ESAB 2016. Hitsaus- ja leikkauslaitteiden valmistaja. Viitattu 1.2.2016. [www.esab.fi](http://www.esab.fi)> hitsautietoa> osaamiskeskus> plasmahitsaus

ESAB 2016. Hitsaus- ja leikkauslaitteiden valmistaja. Viitattu 1.2.2016. [www.esab.fi](http://www.esab.fi)> hitsautietoa> osaamiskeskus> tig-hitsaus

Kippo, A & Tikka, A. 2008. Automaatio-tekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy

Lapinleimu, I; Kauppinen V.; Torvinen S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: WSOY

VTT. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2014. Viitattu 19.11.2015.

[www.vtt.fi/impulssi/pages/Robotiikka-monien mahdollisuuksien tekniikkaa](http://www.vtt.fi/impulssi/pages/Robotiikka-monien_mahdollisuuksien_tekniikkaa).

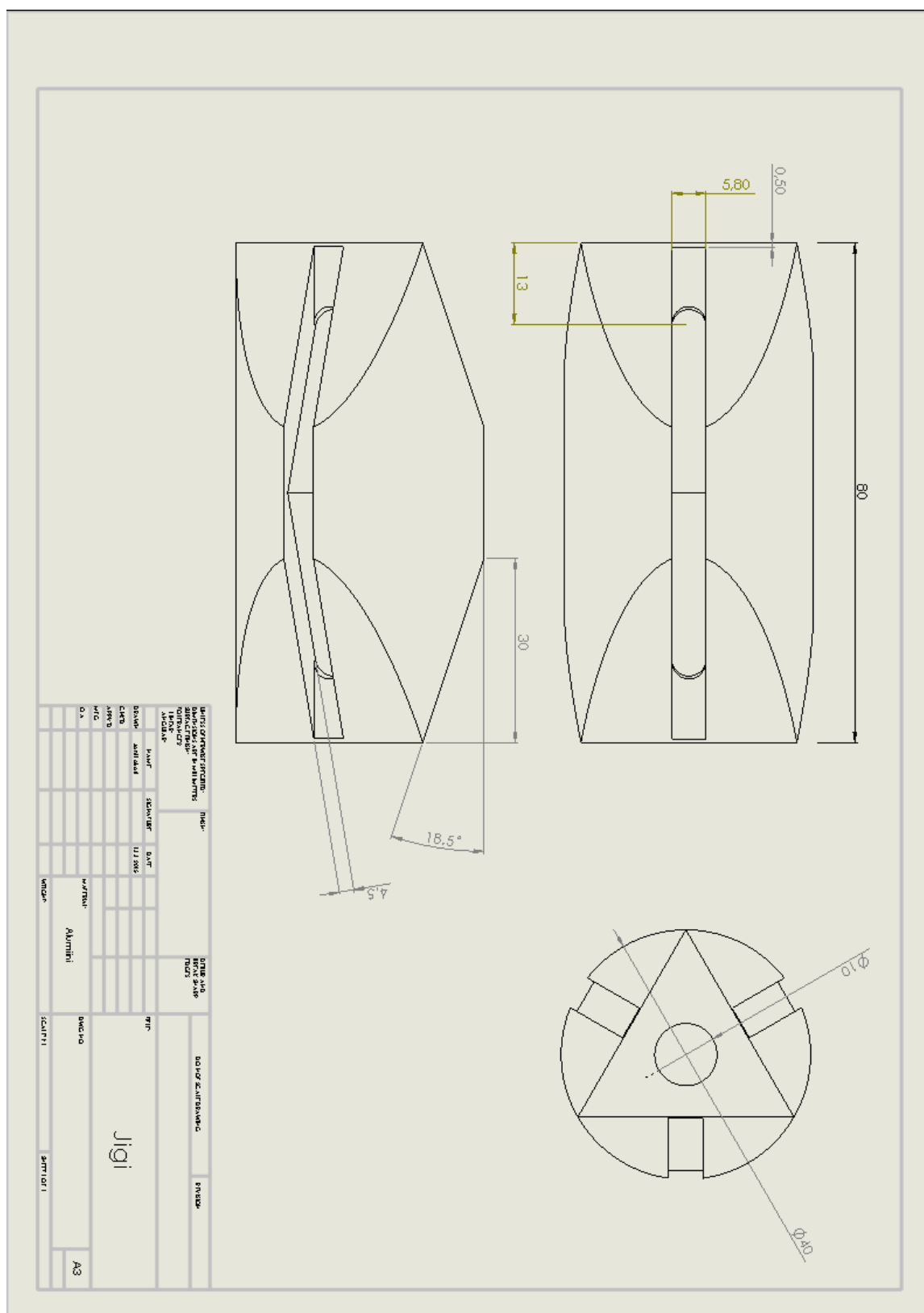
Wahlström, B. VTT Ihminen ja automaatio. Viitattu 1.2.2016.

[www.automatioseura.fi/tiedostot/Ihminen](http://www.automatioseura.fi/tiedostot/Ihminen).

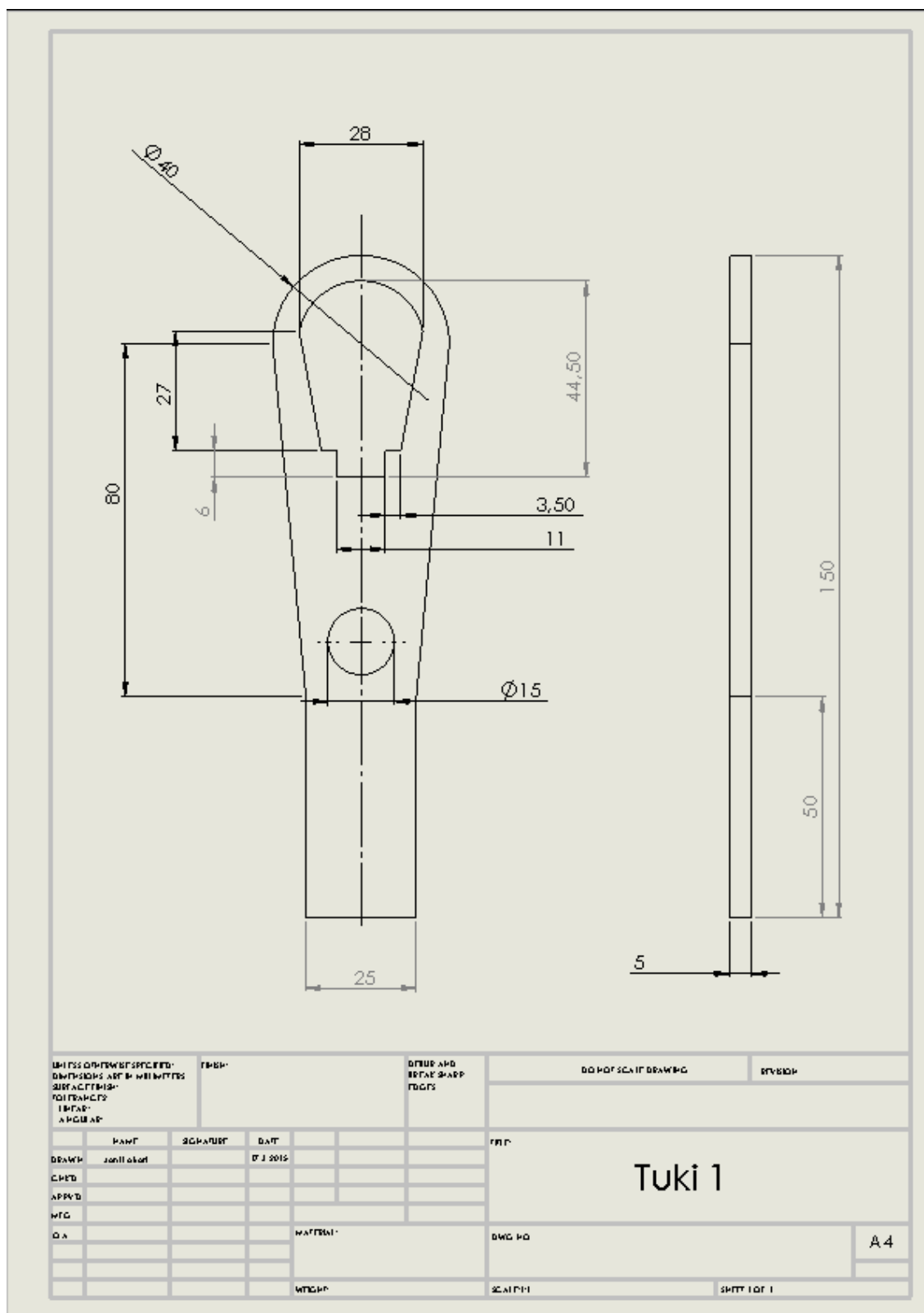
Yrityksen kotisivut 2015. Viitattu 23.10.2015



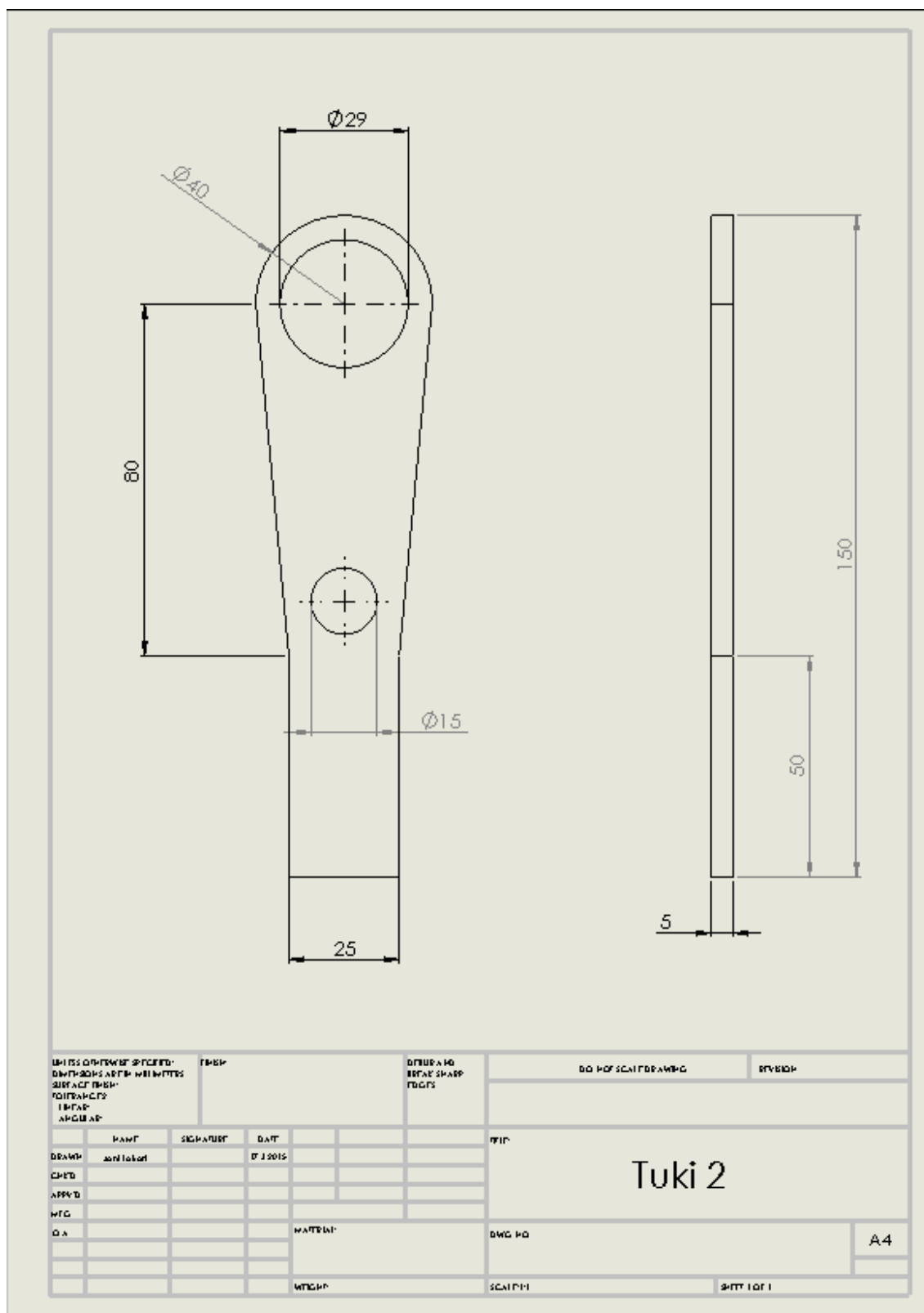
## KETJUN JIGIN PIIRUSTUS



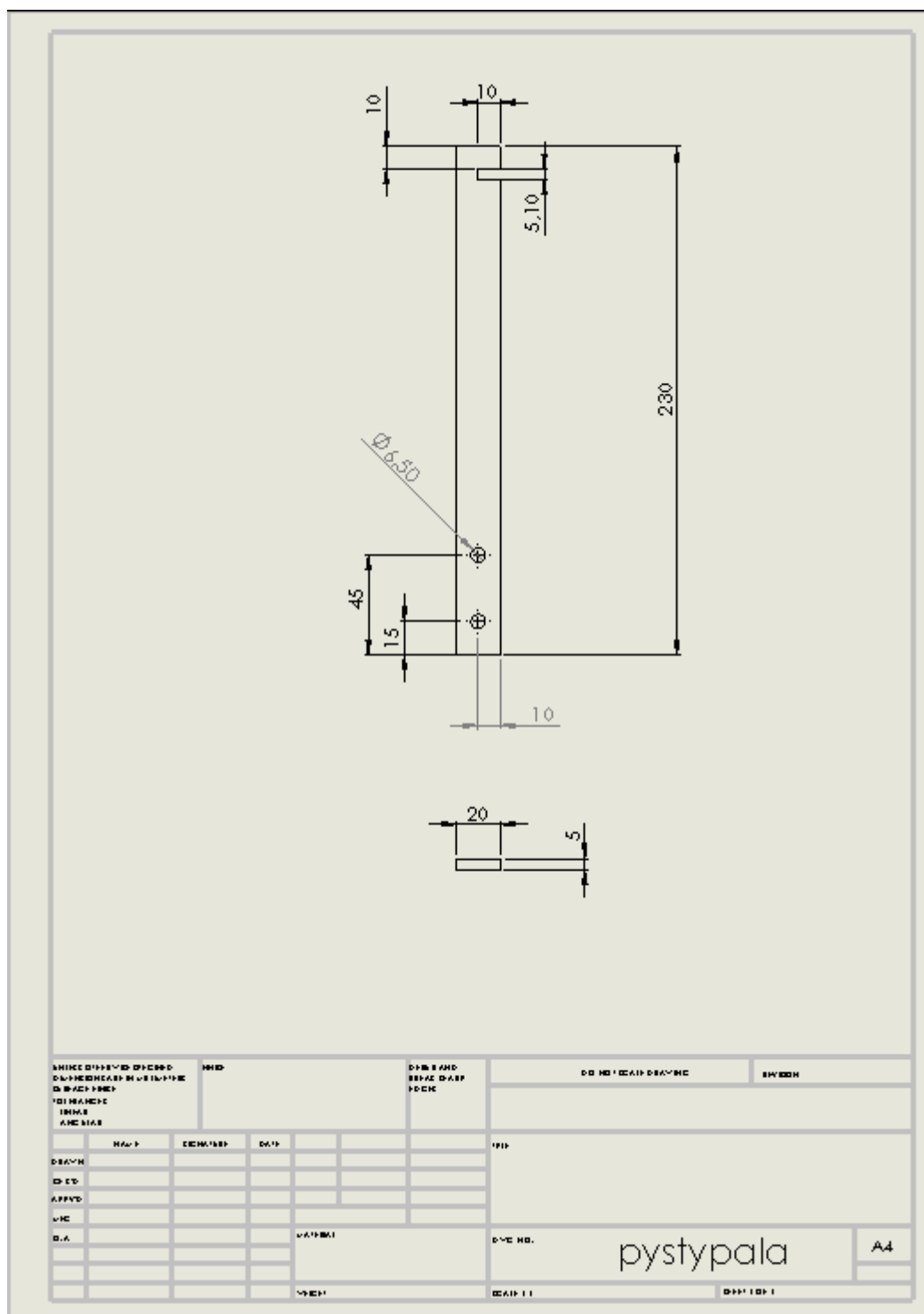
## HITSAUSPOLTTIMEN ETUTUEN PIIRUSTUS



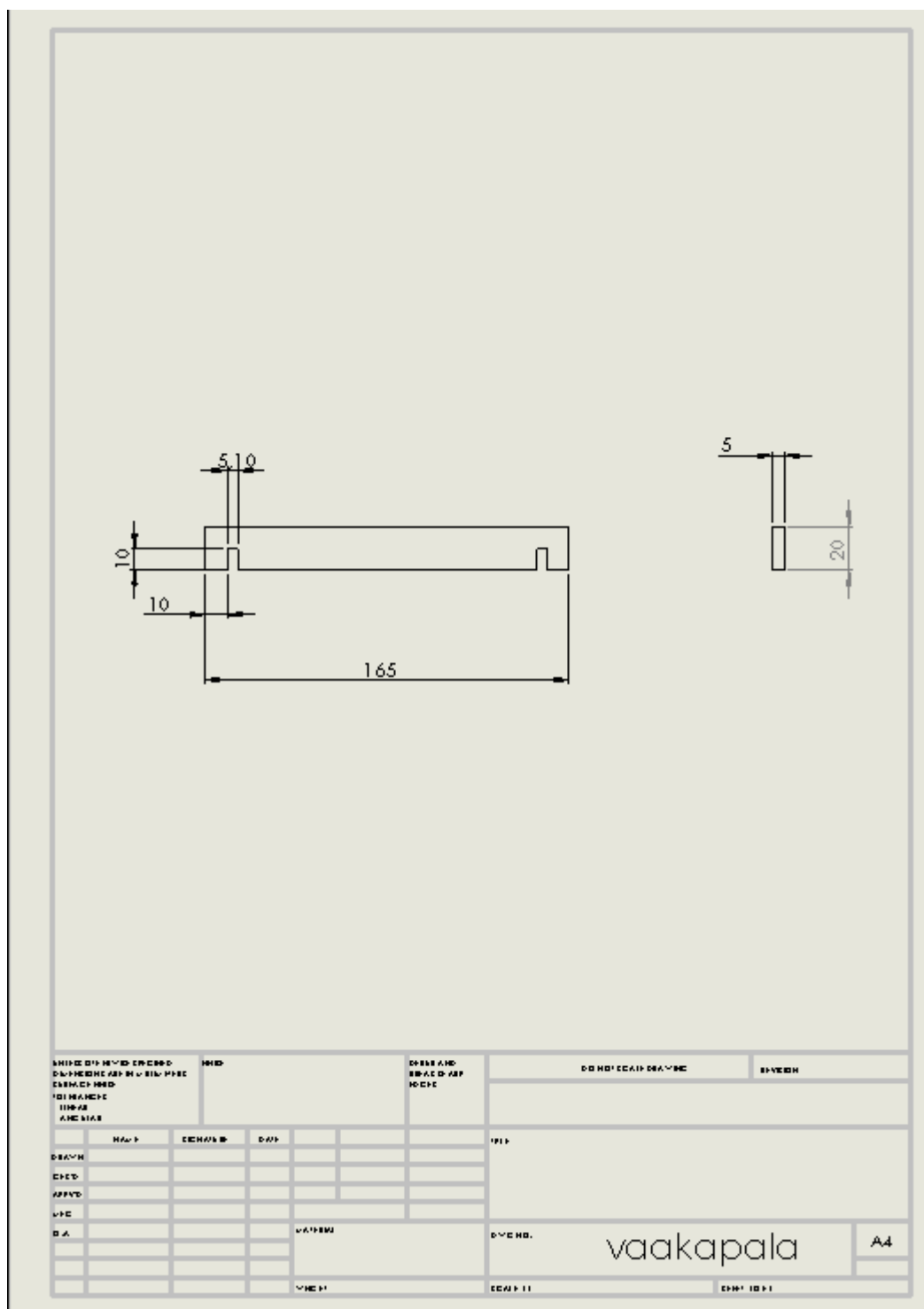
## HITSAUSPOLTTIMEN TAKATUEN PIIRUSTUS



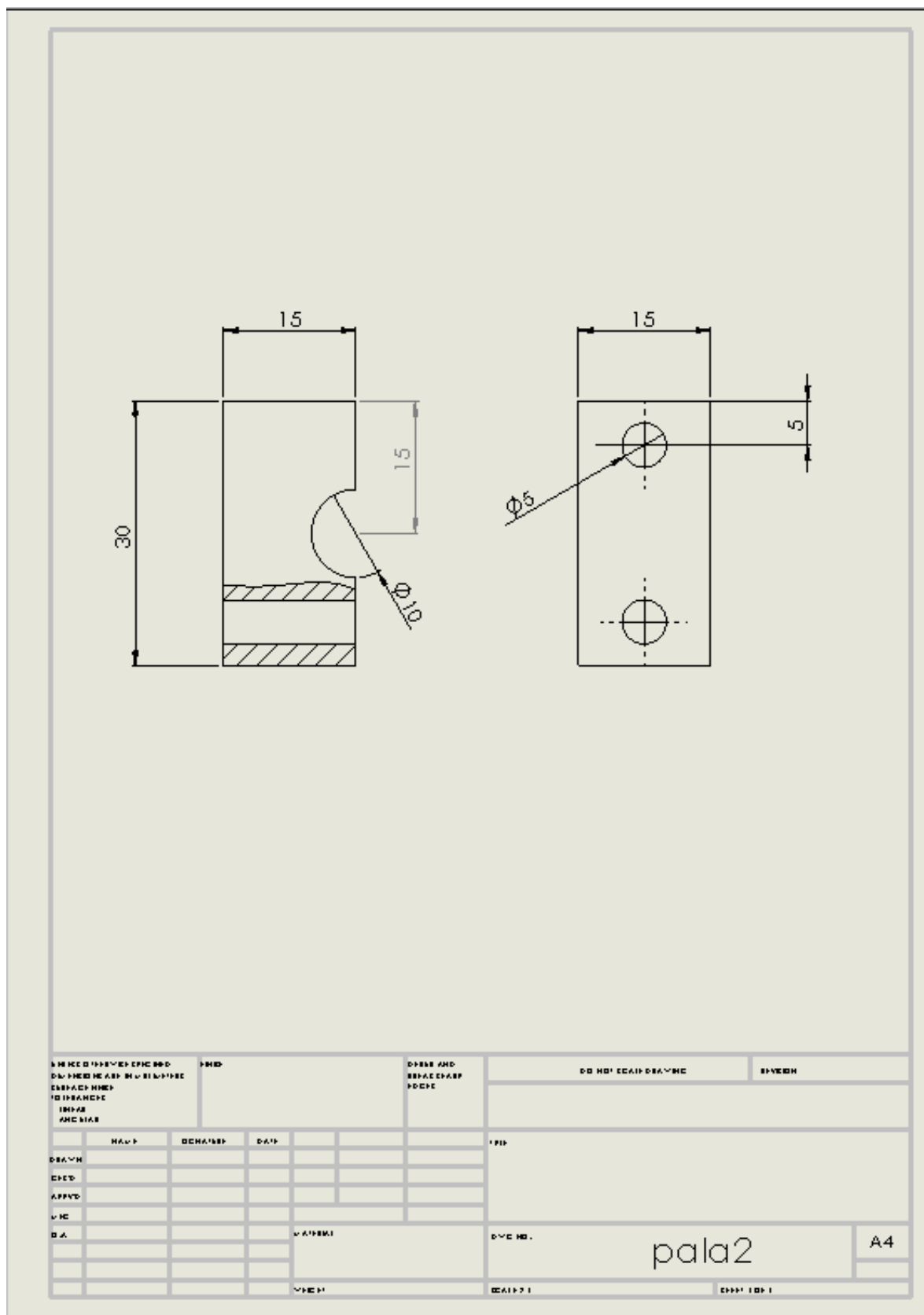
## KEHIKON PYSTYOSIEN PIIRUSTUS



## KEHIKON VAAKAOSAN PIIRUSTUS



## HITSAUSPOLTTIMEN KIINNITTIMIEN PIIRUSTUKSET



## LIIPASINLEVYN PIIRUSTUS

